

記 念 講 演

「情報通信技術の進歩」

大阪大学総長

熊 谷 信 昭

大阪大学の熊谷でございます。加藤先生のご下命によりまして、記念講演というような大それたことをさせていただくことになり、大変光栄に存じております。

情報通信技術の進歩と言うようなテーマでしばらくお話し申し上げたいと思いますが、なるべくいろんな分野の方々にご理解いただけるように、出来るだけわかりやすくお話し申し上げたいと思っておりますので、皆様方の中には情報通信技術について大変お詳しい、専門的知識をお持ちの方も大勢いらっしゃるかと思いますが、そういう方々にはかなり基礎的な話に過ぎて、大変失礼なことになりますけれども、お許したまわりたいと思います。

ここ数年来、私どもは情報化社会とか、ニューメディアというような言葉を、毎日のように耳にしたり、目にしたりいたしております。なぜ、そんなことが、かくも盛んにいわれるようになったのかということにつきまして、社会評論家や文明批評家は、普通次のような説明をなさいます。すなわち、「それは、人々が、最近になって、情報の重要性というものを認識し始め、情報の価値を認めるようになり、情報というものが商売や金儲けの対象にもなるようになってきたからである」というような説明が普通行われます。ちょっと聞いておりますと「なるほど」という気がいたしますけれども、実はそうではないのであります。

人間は、太古の昔から、情報の重要性というものをよく認識し、情報を求め、情報を記録・蓄積したり、あるいは伝送・伝達したりする手段をいろいろと工夫・改善してまいったのでございます。実際、皆様方よくご存じのように、紀元前のはるか昔のギリシャ神話にも、伝令が松明を持って、マラソンで戦場の戦況を逐一本国へ知らせたとか、あるいはNHKの有名なテレビ番組で「シルクロード」というのがございましたが、あの中でも紹介されておりましたけれども、昔の中国で、外敵が襲来いたしますと、適当な間隔をおいて作られたのろし台とよばれる塔のようなものの上で枯木を燃やして煙を上げ、それを順次伝えて、辺境の地から国の中央へ外敵の襲来を知らせたというような史実もございます。2,000 キロメートルぐらいの距離を約半日で伝えたと言われております。これは、どんなに早い馬を使っても、とてもおいつかない通信速度でございます。日本でも、例えばこの大阪について申しますと、7世紀の天智天皇の時代に、中国大陆からの来寇の知らせを壱岐・対馬から生駒山まで順次のろしを上げて伝えたとか、あるいは堂島の米相場を旗振り、つまり手旗信号で岡山、広島まで伝えたというような歴史的事実もございます。

こういうふうに、太古の昔から、人間は情報の重要性というものを十二分に認識し、それを伝える通信手段も、大昔ののろしや伝令から、伝書バトを使うようになり、手旗信号や郵便制度というようなものが考案され、電信が発明され、電話へと進み、ラジオがあらわれ、…というふうに、常に工夫・改善が続けられてきたのでございます。

つまり、そういう意味では、人類は昔から、恐らく人間の歴史始まって以来今日まで、常に情報化社会を目指して進んできたのだということができると思います。そして、その時代、時代に、それぞれの時代のニューメディアというものがあったのでございます。

それでは、なぜ今、「情報化社会の到来」とか、「ニューメディア時代の幕明け」というようなことが「改めて」言われるようになったのかと申しますと、それは全く技術的要因によるのであります。つまり、情報を扱う技術が、最近、特にここ10年間ぐらいの間に、歴史上かつてなかったほどの、まさに劇的といってもよいような、画期的な進歩を遂げたことが、世に言う「情報化社会」、「ニューメディア時代」の到来をもたらしたのであると言ってもよろしいと思います。

それでは、今日の高度情報化社会を支えている技術というのは、具体的には何かと申しますと、それには2つございます。

1つがコンピューターの技術、そしてもう1つが通信の技術でございます。この、コンピューターの技術と通信の技術の最近10年余りの間の劇的とも言える進歩が、今日言われるところの高度情報化社会をもたらしたのであると申すことができます。

したがいまして、今の情報化社会のことを「C&C の時代」、すなわち、「Computer and Communication の時代」という人もいるわけです。高度情報化社会の特質・特徴というのは、いろいろな側面からの見方、とらえ方ができるわけでございますけれども、今も申し上げましたように、その実現に決定的な役割を果たした技術的側面からみますと、今の高度情報化社会というのは、結局、高度に発達した通信ネットワークの途中や端々に、今までの電話機だけではなく、大小さまざまないろいろな機能を持った情報処理装置、すなわちコンピューター群がつながっているシステムである、ということができると申します。

コンピューターの技術というのは、最も簡単に一口で申しますと、要するに「情報を処理する技術」であります。今日のコンピューターというのは、かつての数を計算するだけの機能を持った機械ではありませんで、一般に情報を処理する装置であります。それから、通信の技術というのは、最も簡単に一口で申しますと、これは要するに「情報を伝送する技術」であります。つまり、どちらも情報を扱う技術ということになります。

それでは、「情報とは何か」ということになろうかと思います。しかし、皆様方もよくご承知のように、「情報とは何か」というのは実は大変難しい問題なんです。情報というものを厳密、正確に定義することは、容易なことではありません。情報というのは、エネルギーでもないし、物質でもない。それ以外の何かであります。そして、人により、専門により、あるいはまた、見方、とらえ方によって、いろんな定義が出てまいります。

私が勤めております大阪大学に、人間科学部というユニークな学部がございますが、その人間科学部にも情報というものについて研究しているグループがございます。そういう、人文・社会科学系の方々のお話を伺っておりますと、例えば、情報には「明示的情報」と「暗示的情報」の2種類がある、というようなことを申されます。どういうことかと申しますと、例えば、2人で喫茶店かどこかで長時間話し込んでおりまして、そのうち一方の人が、もう一方の人に「ところで、今何時ですか」と聞く。その場合、本当に「今何時か」という時間を知りたくて相手に聞いている明示的情報の場合と、「もうぼつぼつ帰ろうか」ということを相手に伝えて

いる暗示的情報の場合とがある、というわけです。

私も技術の分野で、情報というものについて、そういうとらえ方をしたことはもちろんありません。我々通信工学、通信技術の分野で情報というものを理論的、科学的に取り扱うようになりましたのは、実は比較的最近のことなのであります。戦後のことであります。戦後まもない昭和23年に、アメリカのベル研究所、これは電子通信技術に関する世界最高の研究所でございまして、既にノーベル賞受賞者が7～8人出ている研究所でございしますが、このベル研究所におられたシャノンという人が「通信の数学的理論」(Mathematical Theory of Communication)という有名な論文を発表したのが始まりであります。

この「通信の数学的理論」というシャノンの論文は、今日の情報理論、通信理論のまさに基礎となった歴史的な論文なのであります。この論文を書いたシャノン博士は、今から5年前になりますが、昭和60年の秋に、京セラの稲盛さんが創設された京都賞の第1回の受賞者に選ばれて、奥さんと一緒に京都にいらっしゃいまして、私も久し振りにお目にかかりましたが、このシャノンが書いた「通信の数学的理論」という論文には、現在の情報理論、通信理論に関する主要な、基礎的なことがほとんどすべて述べられております。

例えば、情報というものを科学的、理論的、あるいは定量的に取り扱うためには、少なくともまず情報の量というものを計る尺度を決めなければなりません。そこで、シャノンはその尺度をどのように決めたかと申しますと、「AかBのいずれかである」というときに、「それはAである」、あるいは「Bである」ということを知らされたときに得る情報の量が、情報量の基本的な単位であるとして、これを1ビット(bit)と名付けたのであります。このビットというのは、バイナリー・ディジット(Binary Digit)という言葉をもとめて、シャノン自身が名付けた情報量の単位名でございします。バイナリー(Binary)というのは「2つの要素からなる」とか、あるいは「二元の」というような意味でございしますし、ディジット(Digit)というのは、デジタル時計などで皆様よくご存知の「数」ということです。

例えば、皆さん方のご家庭でお子さん、あるいはお孫さんがお生まれになったときに、誰でも最初に尋ねるのは、「男の子ですか、女の子ですか」という質問です。人間の赤ん坊には、男の子と女の子の2種類しかありません。そして、看護婦さんから、「坊っちゃんでしたよ」とか、あるいは「お嬢ちゃんですよ」と知らされたときに得る情報量が1ビットの情報量なのです。

こういう情報量の取り扱い方、情報量の定義の仕方というのは、数学の演算でいう2進法の考え方に相当いたします。我々は現在、10進法によってももの数を計算いたしておりますけれども、しかし、数を計算する方法は何も10進法しかないというものではないのでございまして、2進法でも、3進法でも、100進法でも、1000進法でもよいのです。10進法というのは、数を計算する演算の1つの論理に過ぎないのでございします。

2進法というのはどういう演算の仕方かと申しますと、これももう既に皆さんよくご存じのように、あらゆる数を0と1の2つの数字だけで表わして計算するという演算の仕方です。すなわち、0は0、1は1ですが、2は10、3は11、4は100というふうに、表わします。こういうふうに、すべての数を0と1の2種類の数字だけで表わして計算するというのが、2進法の計算法なのです。

我々が現在、なぜ10進法で計算するようになったのかということ、数学の先生に伺いますと、それは人間の指の数が左右合わせてたまたま10本あったからだということであります。人間が指折り数えて、ものの数を勘定するようになったとき、たまたま人間の手の指の数も、足の指の数も、左右合わせて10本だったからだということでもあります。そう言われて字引を引いてみますと、ディジットという言葉は、先ほど「数」と申し上げましたが、字引の訳語には最初に数という訳語は出ておりません。ディジットの最初の訳語には「指」、「手足の指」という訳語が載っております。

こういうふうに、シャノンが情報量を2進法に扱うように定めたということは、実は通信の技術にとりまして、コンピューターの技術にとりまして、技術的に非常に重要な意味を持っておったのであります。

例えば、まずコンピューターについて申し上げますと、10進法で働くコンピューターを作ろうといたしますと、0から9までの10個の数字に相当する10個の状態があって、しかもそれ以外の状態はないというようなものを、どこかから探してくるか、あるいは、そういう物を新しく作って、それを組み合わせてコンピューターを作らなければならないということになります。これは、コンピューターそのものが非常に大型、複雑なものになりまして、実に大変なことになります。

ところが、2進法で動作するコンピューターを作るということになると、話は一挙に簡単になりまして、0と1という2つの数字に相当する2つの状態があって、しかもそれ以外の状態はないというようなものをもってきて、それを演算素子、すなわち計算する素子としてコンピューターを組み立てればよいということになります。これは非常に簡単でございまして、そんなものは幾らでもあります。皆様よくご存じの手近な例で申しますと、例えば電気回路のスイッチなどがそうであります。電気回路のスイッチというのは、閉じているか、開いているか、ONか、OFFかという2つの状態があって、しかもそれ以外の第3の状態というものはありません。したがって、実際にも、最も初期の計算機はスイッチを使って作られていたのであります。

こういう、2進法で動作するコンピューターというのは、我々が普段日常的に使っております10進法で表わされた数を、一度2進法で表わされた数字に換算しなければならないという煩雑さはございますけれども、しかし、大量の計算を高速で行おうといたしますと、結局、2進法で計算する方がはるかに有利になるのであります。そういうわけで、現在のコンピューターはすべて2進法で動作するように作られているのであります。

ところで、シャノンが先ほど申しました「通信の数学的理論」という歴史的な論文を発表した年と同じ年、すなわち同じ昭和23年に、所も同じベル研究所で、もう1つ、世紀の大発明がございました。トランジスターの発明であります。

このトランジスターの発明ぐらい、その後のエレクトロニクス技術、ひいては現在の科学技術全般に決定的な影響を与えたものは、ほかにないと言ってもよいのではないかと思います。昭和23年と申しますと、西暦で言えば1948年、ほぼ1950年頃でございますが、このトランジスターの技術は1960年代には集積回路、英語のIntegrated Circuitの頭文字をとりましてICと呼ばれる技術に進みました。Integratedというのは「積み重ねられた」という意味です。Circuit と

いうのは回路であります。これが、さらに1970年代には大規模集積回路、英語のLarge Scale Integration の頭文字をとりましてLSI と呼ばれる技術に進展いたしました。そして、1980年代には、超LSI の時代に入りました。超LSI というのは、大体5ミリ角ぐらいのチップと呼ばれる小さな基盤の中に数十万個から100万個、最近では100万個をはるかに超えるトランジスタが詰め込まれているもの、つまり集積されているものでございます。この、ICとかLSI と呼ばれる集積回路の技術の進歩と言うのは、一般の方々にはちょっと想像できないぐらいの、非常に大きなインパクトを社会のあらゆる面に与えているのでございます。

コンピューターもこの、ICとかLSI と呼ばれる集積回路技術のおかげで、劇的な進歩を遂げたのであります。コンピューターが進歩したのは、もとはと言えばこの集積回路技術のおかげなのであります。そして、その影響がいろんなところに、ちょっと気のつかないようなところにまで出ているのであります。

コンピューターの値段と言うのは、1970年代から1980年代にかけまして、ここ10年間ぐらいの間に、性能が同じだといえますと、1年で半分ずつに下がってきた勘定になります。値段が1年で半分になりますと、10年間で大体1,000分の1に下がることになります。経済の専門の方に聞きますと、ものの値段が7〜8割に下がると「安くなった」と言うんだそうです。そして、ものの値段が半額ぐらいになると「非常に安くなった」ということになるんだそうです。ですから、ものの値段が10分の1とか、100分の1とか、ましてや1,000分の1になるなどというのは、これは、最早「ものが安くなった」というような概念を越えており、イノベーション（革新）と言わなければならないという話を伺ったことがあります。したがって、その社会的インパクトというものも非常に大きなものがあるわけです。

例えば、今、日本製のかなり高級な乗用車の新車は1台二、三百万円ぐらいいたします。これが、あっという間に値段が1,000分の1になって、二、三千円で買えるようになったら、どういうことになるか。お正月に子供にお年玉だといって、5千円やったら、街へ散歩に出て行って、漫画の本か何か買った釣銭で、「ちょつといい新車があったから買って来た」というようなことになったら、世の中、大混乱でございます。

つまり、コンピューターの進歩というものは、そのようなインパクトを社会に与えているんだということになるのでございます。そういうわけで、例えば、ご家庭の中の湯沸かしポットのようなものの中にまで、マイクロコンピューター、略してマイコンと呼ばれるコンピューターが組み込まれているような時代になってきているのでございます。

以上申し上げましたような、ICとかLSI という集積回路や大規模集積回路の技術によるコンピューターの飛躍的な進歩が、今日の情報化社会の実現に決定的な役割を果たした1つの原因でございます。

一方、やはり現在の情報化社会の実現に決定的な役割を果たしたもう1つの技術、通信技術の方も、ここ10年間ぐらいの間に、これもまさに劇的ともいえる進歩を遂げたのであります。私も通信工学の分野でずっと勉強してまいりました者でも、ちょっと予想できなかったほどの画期的な進歩であったと言ってよいと思います。

その代表的なものが3つございます。1つは衛星通信の技術であります。もう1つは光ファイバー通信の技術であります。そしてもう1つがデジタル通信の技術でございます。ほかに

も色々ございますが、代表的なものはこの3つであります。このうち、衛星通信の方はやや古い歴史を持っておりまして、皆様方も今日では衛星通信についてはかなりよくご存じだろうと思っておりますので、時間の都合もございますから、今日は衛星通信の方の話は省略させていただきます。

もう1つの光ファイバー通信の方でございますが、これも、今では、皆様方かなりよくご存じかと思っておりますけれども、これは要するに髪の毛ぐらいの細さのガラスの繊維、すなわちガラスファイバーの中に光を通して、大量の通信を行うという画期的な通信方式であります。

いわゆる光ファイバー通信と呼ばれているものでございますが、そもそも通信の歴史というものを振り返ってみますと、人類が最初に行った通信というのは、もともと光通信だったのです。例えば、最初に申し上げましたように、のろしを上げて敵の襲来を味方に知らせるという類のものがそれです。こういう、人間が目で見に行く光通信というのは、もちろん紀元前から数千年にもわたって行われていたと考えられます。

このような、人間が目で見に行く光通信に画期的な進歩をもたらしたのは、今から約200年前に、フランスのクロード・シャップという人が発明した腕木式通信機の出現です。これはどういうものかと言いますと、数キロメートルおきに塔のようなものを建てまして、その上に人間、今日の言葉で言う通信士がいて、その人が約束に従って塔の上に設けられた3本の腕木を動かすのです。そして、それを次の塔の上にいる人が、当時既に発明されていた望遠鏡で見まして、そのとおりに自分の塔の3本の腕木を動かす。それを、次の塔の人が見て、また自分の塔の腕木を同じように動かす。こういうふうにして順次伝えていくというものでございます。これは、実際に実用の通信機として広く使われたのであります。そして、ナポレオンの時代には、西ヨーロッパ全域にこの腕木式通信機を使った通信ネットワークが広げられまして、例えばパリ・ツーロン間約800キロメートルのルートでは、中継所の数が120カ所、通信時間は端から端までで十数分であったと言われております。

こういう、人間が目で見に行く、いわゆる光通信というものが今から160年前に、突然通信の表舞台から姿を消すことになりました。モールスが電信機を発明したからであります。

モールスという人は、電気技術者でもありませんし、物理学者でもありません。モールスは画家であります。特に肖像画で有名な画家だったと言われておりますが、このモールスが3年間にわたるイタリアでの絵の研究を終えて、アメリカへ帰る大西洋の船の中で、たまたま同じ船に乗り合わせた大学教授の物理学者から電気や磁気に関するいろんな話を聞きました。また、電信機に関する話を聞いて、モールスは非常に興味を覚え、大西洋の船の中にいるときから、電信機の研究を始めたと言われております。そして、ニューヨークへ帰ってからも、モールスはニューヨーク市立大学の美術科の教授だったんですけれども、美術の研究はそっちのけにして、電信機の研究を続け、ご存じのモールス式の電信機というものを作ったのであります。

このモールスの通信機の持つ最大の特徴は何かと申しますと、あらゆる言葉を「トン」と「ツー」の2種類の符号だけで表わして送るというところにあったのです。いわゆるモールス符号というものを考案したところに、モールスの電信機の最大の特徴があったのでございます。

先ほど、モールスは同じ船に乗り合わせた大学教授からいろんな電信機の話聞いて興味を覚えたと言いましたが、当時、既にいろんな電信機が考えられていたのです。例えば、ドイツ

のミュンヘンにございますドイツ博物館へまいりますと、当時の電信機がたくさん展示されておりますけれども、それらは、ほとんどすべてが基本的には時計の文字盤のようなものの上に、A、B、C、D、…とAからZまでのアルファベット26文字が書いてありまして、針で所定の文字を指し示すような構造になっております。電流の力によって、いかにして所定の文字を指し示すようにするかというところに、それぞれの工夫があったのであります。

それに対しまして、モールスの考案したモールス式の電信機というのは、いわゆるトン・ツー式の電信機でございまして、あらゆる言葉を「トン」と「ツー」の2種類の符号だけで表わして通信をするようになっております。ですから、我々が普段使っております言葉を、一度モールス符号に変換しなければならないという煩雑な点があるんでございますけれども、しかし、大量の情報を高速で送ろうといたしますと、他のどんな電信機もモールスのトン・ツー式の電信機にはかないませんで、結局、モールスのトン・ツー式の電信機が実用機として世界中で使われるようになったのでございます。モールス式の電信機は現在でも使われております。

これは、先ほど申しましたコンピューターが、普段、我々の使っております10進法で表わされた数字を一度2進法の数字に変換しなければならないという煩雑さはあっても、大量の計算を高速で行おうといたしますと、結局、その方がはるかに有利であることと、事情が非常によく似ております。

しかし、このモールスのトン・ツー式の電信機というのは、誰でもがそれで通信することができるというわけにはまいりません。モールス符号を使って電信機を操作できる専門の通信士でないと通信ができないという難点がございます。そのうえ、モールスの電信機では、音楽はもちろんのこと、人間の声を伝えることもできません。電報文のような程度の情報しか送ることができないわけです。ですから、何といたっても一番よいのは、人間の話した声をそのまま相手に伝えるということです。つまり、電話であります。

そういうわけで、電話の研究もずっと続けられていたのでございますが、電話の発明者というのはアメリカのアレクサンダー・グラハム・ベルということになっております。ベルは明治9年2月14日にワシントンの特許庁に電話の特許の出願をいたしております。ところが、全く同じ日に、シカゴの電気技師のエリシャ・グレイという人がやはり電話の特許を出願いたしておりますで、しかも、その内容が非常によく似ておりましたところから、特許権をめぐる訴訟になりました。そして結局、ベルの勝利となったのでございますが、その理由は、グレイの出願よりもベルの出願の方が約2時間早かったということであります。

その後、今から約120年余り前、日本で申しますと明治維新が始まる少し前ぐらいの頃であります。イギリスのマクスウェルという人が電磁波の存在を全く理論的に発見いたしました。そして、それから20年余り後の明治21年（1888年）に、ドイツの物理学者のハインリッヒ・ヘルツという人が、マクスウェルが理論的にその存在を予言した電磁波というものを実際に実在するということを実証してみせたのであります。このヘルツの名前は、現在、電磁波や交流電流等の周波数の単位名に使われております。ヘルツが電磁波の存在を実証してみせた明治21年には、日本に電気学会が創設されまして、その初代の会長に幕末の歴史物語などにもよく出てまいります榎本武揚が就任しております。

この、ヘルツが実験的にその存在を実証した電磁波を使って、無線通信技術の基礎を作った

のがマルコーニであります。

こういうふうにして、モールの電信の発明以来、現在まで、約1世紀半にわたって電気通信の全盛期が続いてきたのであります。

ところが、今年から数えてちょうど30年前の1960年に、レーザー（LASER）というものが発明されました。

レーザーというのは、ごく簡単に申しますと、電波の発振器に相当する光の発振器でございまして、決まった波長、決まった周波数の光を連続的に出す光の発振器がレーザーというものです。このレーザーの発明も大変な発明でありまして、先ほどトランジスターの発明を世紀の大発明と申しましたけれども、今世紀最大の発明はレーザーであるという人もたくさんいます。それぐらい、このレーザーの出現というのも非常に大きな影響をいろんな分野に与えている大発明なのでございますが、このレーザーの発明によって、再び光通信というものがクローズアップされてきたのでございます。

アメリカのヒューズ・エアークラフトという会社の研究所にいたメイマンという人が、1960年に、ルビーを使って人類最初のルビー・レーザーの発振に成功致しました。

そのとき、私はたまたまアメリカにいましたが、ヒューズは誕生したばかりのレーザーについて、大変派手な、賑々しいプレスインタビューを行いまして、生まれたばかりのレーザーの数々の夢のような応用についてPRをいたしました。その中でも一番力を入れて言っていたのが、レーザーを使った大容量の光通信でございました。ちょうどチョークぐらいの長さで太さのピンク色のルビーを見せて、「このルビー1つで送られる情報量は、現在のアメリカの東海岸と西海岸の間で行われているあらゆる種類の通信の情報量に匹敵する」というような、いかにもアメリカらしい上手なPRをやっていました。

なぜ光を使うと、そんなにたくさんの情報が送れるようになるかと言いますと、例えばモールの電信機のように、直流電流をただ断続するだけの通信ですと、電報文ぐらいの情報しか送れません。ところが、少し高い周波数の交流を使いますと、例えば人間の声音を送ることができるようになります。もっと周波数の高い交流を使いますと、音楽なども送ることができるようになります。さらに高い周波数を使いますと、画像情報も送ることができるようになります。そして、さらにもっと高い周波数の交流電流や電波を使いますと、たくさんのチャンネルの電話や画像を一遍に送ることができるようになるのです。つまり、送れる情報量というのは、一般に使う電波や電流の周波数が高くなればなるほど、ほぼそれに比例して増えてくるという傾向があるのです。

ですから、レーザーが発明された今から30年ぐらい前には、電波の中でも一番周波数の高い、マイクロウェーブと呼ばれる、波長が数センチメートルぐらいの電波を使ったマイクロ波通信というのが一番たくさんの情報を送れる最新の通信方式だったわけですが、光の周波数というのは、マイクロウェーブの周波数に比べますと、少なくとも10万倍ぐらい高いものですから、ごく簡単に申ししましても、光を使いますと、送れる情報量は、マイクロ波を使う場合よりも一挙に10万倍ぐらいになる可能性がございまして。そういうわけで、先ほど申しましたように、ヒューズもそういう夢を語ったわけでございます。

しかし、実際にレーザー光を使って光通信系を実現してみようということをやってみま

すと、大変難しい問題がたくさんあるということがわかってきました。その中でも一番の問題は、光を送る伝送路をどうやって作るかということでした。

光というのは、快晴の日ですと、何億光年も遠方の星の光でも地球まで届いてくるぐらい、到達距離が長いんですけれども、ちょつと霧が出たり、雲がかかったり、雨が降ったりいたしますと、「一天にわかにかき曇り」という言葉どおり、たちまち減衰してしまいます。マイクロウエーブのように、波長が数センチメートルとか、それ以上の電波ですと、雨とか霧などの水滴の大きさに比べて波長の方がずっと大きいものですから、ほとんどそういうものの影響を受けず、したがって、霧や雲や雨があっても、マイクロウエーブを使った電波の探照灯であるレーダーを使いますと、遠くまで見るができるわけです。しかし、光になりますとそうはいかないものですから、マイクロ波通信の場合のように、パラボラアンテナを見通しのきく山の上などにおいて、向かい合わせて、途中の伝送路は大気中というような通信方式はとれません。

そういうわけで、光になりますと、どうしても外界と遮蔽された光の伝送線路を作り、その中に光を閉じ込めて送らなければならないということになるわけです。それで、世界中で競って光伝送線路の研究が行われました。いろんな奇想天外なアイデアなども出されました。その中で、誰もが最初から知っていて、しかも、一番見込みが薄いと思われていたのが、今のガラスファイバーだったのです。

もともとガラスのような透明な物質の棒の中を通して、光が棒に沿って伝わるということは、非常に古くから知られていたんです。しかし、今申し上げましたように、大気のような気体中ですら非常に大きい減衰があるわけですから、ガラスのような固体の中だけを連続的に通って光を伝えるということになると、非常に大きい減衰があるわけです。レーザーが発明された頃から10年間ぐらいの間は、当時、手に入る最も良質のガラスを使って光ファイバーを作りましたが、通信できる距離はせいぜい、1、2メートルだったんです。つまり、1、2メートルおきぐらいに中継所、あるいは増幅器をおかないと通信ができないというわけで、ガラスファイバーを使った光通信というのはとても無理だと思われていたんです。

ところが、今からちょうど20年前の1970年に、アメリカのコーニングというガラス会社が、とてつもない低損失のガラスファイバーを作ってみせたんです。これは世界中に非常に大きなインパクトを与えて、世界各国でガラスファイバーの低損失化の研究が競って行われるようになりました。そして、それからほんの2、3年の間に、それまでのいかなる通信線路に比べても桁違いに低損失のガラスファイバーが作られるようになったのです。現在、最も性能の良い光ファイバーは日本で作られておりますが、そういう光ファイバーを使いますと、数10キロメートルから100キロメートルぐらいは無中継で通信ができます。

実は、これは大変なことなんでございまして、日本のNTTでありますとか、あるいは外国の通信会社などが現在普通に使っております代表的な通信ケーブルは同軸線路というもののなのですが、この同軸線路で通信できる距離は大体1.5キロメートルぐらいから、せいぜい数キロメートルぐらいなのです。現在実用されている一番上等の、最新の通信ケーブルでその程度のものなのです。ですから、数10キロメートルから100キロメートルぐらい無中継で通信ができるケーブルというのは、これはもう、とてつもない低損失の通信ケーブルということになるの

です。

現在、各国でひそかに行われております極超低損失の光ファイバーは、1万キロメートルぐらい無中継で通信ができるファイバーを目標にいたしております。1万キロメートルと申しますと、大体太平洋の幅であります。日本からサンフランシスコが直接見えるぐらいの透明度をもつ光ファイバーということになるわけです。

こういうふうに、現在の光ファイバーは、従来のいかなる通信ケーブルと比べてみましても、桁違いに低損失であるという、突出した特徴を持っております。

実は、光ファイバーには、このほかに、たくさんの、しかも桁外れにすぐれた特徴の数々があるのです。その大きな特徴の1つは、送れる情報量が、今までの電気を使った通信ケーブルに比べて桁違いに多いということです。先ほど申しましたように、原理的、理論的には電話に換算して数百万チャンネルとか数千万チャンネルというような通信量が送られるというものであります。

また、先ほどの髪の毛ぐらいの太さと申しましたが、実際に光が通る部分の太さというのは、1,000分の数ミリメートルぐらいでございまして、人間の髪の毛にもいろんな太さがあるのでしょうけれども、普通の人間の髪の毛よりはもっと細いと思います。そして、1本でも非常にたくさんの情報が送られるわけですが、もしそれでも足りないということであれば、2、3本束ねても、その断面積は全く問題にならないぐらいの細さです。つまり、現在までのいかなる通信ケーブルに比べても、その断面積は桁違いに小さいという特徴があります。

その上、ガラスの比重は銅の約4分の1で、銅にくらべれば大変軽いものですから、ケーブルとしても非常に扱いやすいという実用上の利点もあります。

しかも、ガラスは絶縁物で、本来電気を通さない材料として使われておったものですから、電波障害でありますとか、電磁誘導障害というようなものは全くないわけです。これも、技術的には大変ありがたい特徴です。

また、そんなに細いと機械的に弱いんじゃないかと思われるかも知れませんが、十分の可撓性を持っておりまして、非常に小さな曲率半径まで曲げることができますし、また、引っ張りに対してはピアノ線よりも強いという、信じられないような特徴もあります。

資源的にも、銅というのはどんどん涸渇していつておりまして、そのうちなくなってしまうだろうと言われておりますけれども、ガラスの原材料は珪素で、要するに砂ですから、地球上に無尽蔵にございます。無尽蔵にあっても、石油のように偏在しておりますと大変問題なんですけれども、砂というものは地球上どこにでも、偏在することなく、しかも無尽蔵にございますので、長期的にみて資源的にも大変有利なんです。

普通、技術というものは一つか二つ非常に優れた特徴を持っていますが、同時に欠点も幾つかあるというのが通常なんですけれども、この光ファイバーだけは、たくさんの、それも、その一つ一つが桁違いに優れた特徴を持ってあって、しかも欠点らしい欠点はほとんど見当たらないという、稀に見る技術なのでございます。

そういうわけで、このような優れた特性を持つ光ファイバーを使って、最新の通信ネットワークを構築しようという努力が、現在、日本でも諸外国でも行われているのでございます。

こういうふうにして、信号を運ぶ伝送媒体が、大昔の光通信の時代から、電気通信の時代を

経て、再び光通信の時代へと戻ってきつつあるのです。

一方、情報を伝える通信の方式について申しますと、昔は、のろしやモールスの電信機のように、情報を電流の断続、煙のある・なし、あるいは光の点滅というような断続的な符号に変換して送るという、いわゆるデジタル通信方式で行っていたのでございます。

それが、ベルの電話の発明以来、信号の強弱、例えば電話で申しますと音の強弱を、それに比例した電流や電波の強弱に変えて送ると言う、いわゆるアナログ通信方式になりました。そして、この方式は現在まで引き継がれて、電話はもちろん、ラジオ放送も、テレビジョン放送も、今はすべてこのアナログ方式によって行われているのでございます。

ところが、これが最近、また昔のモールスの時代と同じデジタル通信方式に急速に戻りつつあるのです。これは、例えば電話で申しますと、音声の連続的な変化、強弱を表わす連続的な波形を、そのまま、それと比例した電流や電波の連続的な波形の変化に変えて送るのではなくて、音の変化を表わす波形を適当な間隔で切り出して、切り出したところの値だけを送るという方式なんです、

この方式の基本になるものとして、送ろうとする波形を全部そのまま送らなくても、適当な間隔以下で切り出して、切り出したところの値だけを送れば、それでもとの波形が完全にわかるという有名な定理があるのです。この定理を発見したのも、最初に申しあげましたシャノンでありまして、「シャノンの定理」と呼ばれております。

このシャノンの定理で決められた間隔以下の細かさで波形を切り出しまして、切り出したところの値だけをはかり、その値を2進法で、つまり0と1とで表わして、パルスのある・なしに変換して送るというのが、現在のデジタル通信方式と呼ばれているものなのでございます。

なぜ、今さらそのようなデジタル通信方式に変えるのかと申しますと、この方式は非常によい特徴を幾つも持っているからなのです。

第一の特徴は、雑音に非常に強いということです。信号に比例した変化をするような電流や電波を送っておりますと、色々な原因で、途中で波形が歪んでまいります。また、雑音もそれに加わってまいります。そして、伝搬するにしたがって、全体が減衰してまいります。そこで、その波形を増幅器、あるいは中継所で増幅いたしますと、歪んだ波形のまま、雑音も一緒に増幅されます。したがって、長い距離を伝搬し、中継所をいくつも通過していきますと、波形はどんどん歪んでまいります。

ところが、デジタル通信方式では、パルスがあるかないかということだけが判定できれば、それでいいわけですから、パルスがあるか・ないか、1か0かということが判定できるぎりぎりのところまでもって行って、そこでまた新たにパルスを作り直して送り出しますと、出発点と全く同じ状態になります。ですから、中継所を幾ら経過しても、最後に受けたところでパルスがあるか・ないかということだけ判定できれば、それで完全に元の波形が再現できるわけです。つまり、アナログ方式と違いまして、長距離の伝送を行っても雑音の累積というものが全くないわけです。したがって、非常に良質の通信ができるということになります。音楽で申しますと、非常に優れた音質の音楽を送ることができるということになります。現在、NHK が放送衛星を使って、音楽を試験的にデジタル方式で放送しております。

第二の大きな特徴は、パルスのある・なしの組み合わせで、2進法的に通信を行う方式でござ

ざいますので、先ほど申し上げましたように、同じように2進法で動作しているコンピューターとの整合性が非常にいいわけです。最初に申し上げましたように、高度情報化社会というのは、たくさんのコンピューターが通信ネットワークによって結ばれているシステムですから、2進法で動作しているコンピューターと、2進法的なデジタル通信回線とのインターフェイスにおける整合性がよくなるというのは大変具合がいいわけです。

第三には、音声とか、文字とか、画像とか、データとうような、いろいろな種類の情報を、全部パルスのある・なしという符号に分解して、一つの伝送路で一元的に送ることができるようになるという大きなメリットがあります。今でも、NTT はデータ通信サービスをいたしておりますけれども、これは電話線のほかにデータ通信用の線路を別にひいてやっているのです。しかし、今申しましたようなデジタル通信方式でやりますと、電話も、画像も、データも、文字も、あらゆる種類の情報を全部1本の伝送路で一元的に送れるようになりまして、システムの統合・有効利用という面で格段に有利になるわけです。

このように、デジタル通信方式というのはいくつもの優れた特徴を持っているわけですが、そんなにいい点をたくさん持っているんだったら、なぜもっと早くからデジタル方式にしなかったのかという疑問をお持ちになられる方もおられるかもしれません。しかし、実はデジタル通信方式の原理というのはかなり前から知られていたんですけれども、この方式では、連続的な波形の信号を一度パルスの列に変換するという装置が送り出す側で必要です。そしてまた、受けた側で、到着したパルスの列を元の連続的な波形に変換するという装置が必要になります。ところが、これらの装置が大変複雑で、しかもべらぼうに高い値段につくものですから、実際には全く実用性がなかったわけなんです。

ところが、それが、ICとかLSI という集積回路技術の進歩のおかげで簡単にできるようになり、しかも、価格的にもアナログ方式よりもむしろ安くできるようになってきたんです。性能がよくて、しかも値段的にもむしろ安くできるようになったということで、現在、日本はもちろんのこと、諸外国でもデジタル方式による通信システムへの切り替えが世界的に行われるようになってきたのであります。

こういうわけで、情報を送る通信媒体も、また情報を送る通信方式も、大昔ののろしなどのような光通信とデジタル方式の時代から、ベル以来の電気を使ったアナログ方式の時代を経て、再び光を使ったデジタル方式の時代へと戻りつつあるのであります。「歴史は繰り返す」という言葉がありますが、まさにそのとおりです。

以上、最近の情報通信技術の大変素晴らしい話ばかりをいたしましたので、そんなに素晴らしい進歩をしているんだったら、もうこれ以上研究することはないのかと思われてはいけませんので、最後にちょっとつけ加えさせていただきたいと思います。

確かに、情報通信技術というのは、歴史上かつてなかったほどの画期的な大進歩をとげました。また実際、情報通信技術というのは先端技術、いわゆるハイテクノロジーの代表のようにも言われています。しかし、実は、先端技術とは言えるかもしれませんが、まだ決して成熟した技術すなわち成熟技術とはいえないものが大部分なのです。たとえば、ワープロなどは相当練習しないと、誰でもがすぐには使いこなせませんし、またパソコンを前にして、良心的中・高年者がノイローゼになり、それでもどうしても覚えなきゃいけないというので、一生懸命苦

労して、やっとなんとか使えるようになった頃には、もう次の新しい機種が出てくる、などというのは、まさに技術が成熟していない証拠であります。

ワープロなんていうものは、その前に立って、両手をポケットに入れたまま、ただしゃべるだけで、たちまち文字となって現れてくるようにならないといけません。人間には何の熟練も求められない。これこそ人間中心、人間主体の成熟したワープロの姿です。

電話にしても、日本の電話網はアメリカと共に、世界で最も発達しておりまして、街角に立ってちょっと見回せば、どこかに必ず公衆電話の一つぐらひは見つかって、しかも、その公衆電話はすべてちゃんと正常に働きます。こんな国は世界中どこにもございませんが、それでも、結局は人間が電話機のあるところへ行って電話をしなければなりません。やはり、電話機というのはライターぐらひの大きさになって、ポケットの中や、ハンドバックの中に入って、電話機の方が人間について回り、野原の真ん中でも、街角でも、どこからでも、いつでも、世界中の誰とでも、すぐに電話ができるようにならないといけません。そして、話す相手がフランスにいるフランス人の場合、もし必要なら、こちらの話す日本語は向こうにはフランス語となって聞こえ、向こうの話すフランス語はこちらには日本語となって聞こえてくる、というふうにならないといけません。これが電話というものの成熟した姿であると思います。

そういう成熟した技術にまでもっていくためには、我々技術者だけではだめで、人文・社会科学系の方々との協力によって、ハードウェアとソフトウェアのほかに、ヒューマンウェアといった視点からの研究がどうしても必要になってきます。我々も、これからまだまだやらなければならない課題がたくさんあると思っております。

また、今日は技術的な話だけをいたしましたけれども、技術の持つ限界、情報化社会における技術の限界というようなことまでお話し申し上げませんと、実は話は完結しないんですけれども、時間が限られておりますので、この辺で終わらせていただきたいと思います。

ご清聴ありがとうございました。

(拍手)

○総合司会

どうもありがとうございました。

大阪大学の熊谷信昭総長によります記念講演、情報通信技術の進歩でございました。

通信技術の推移につきましては、大変に興味深い話をしていただいたわけでございまして、これから第1セッションの方に移らせていただくわけですが、ごあいさつ、それから記念講演と続きましたので、ちょっとひといき、時間にしまして2分22秒ぐらひ、ちょっと休憩と。特にこの時間には意味がないんですけれども、させていただきますでしょうか。その後、また改めて第1セッションの開会ということにさせていただきます。